


Effects of 8 weeks of circuit training on blood lipids, insulin resistance, cardiovascular function, and metabolic syndrome risk factors in bus drivers

Eun-Cheol Eem, Hyun-Seok Cho, & Man-Gyoon Lee*

Kyung Hee University

[Purpose] This study was designed to examine the effects of 8 weeks of circuit exercise training on blood lipids, insulin resistance, cardiovascular function, and metabolic syndrome risk factors in 40~50s male bus drivers. **[Methods]** Twenty-nine bus drivers were randomly assigned to one of two groups, i.e., circuit exercise training group (TR: n=14) and control group (CON: n=15). Subjects in TR participated in circuit exercise training 30-40 min per session, three sessions per week for 8 weeks, whereas subjects in CON were asked to maintain their normal life pattern for same intervention period. The variables regarding body composition, blood lipids, insulin resistance, cardiovascular function, and number of metabolic syndrome risk factors were measured and compared between two groups as well as between pre- and post-test. Data were analyzed using repeated two-way ANOVA with post hoc test. **[Results]** Main results of the present study were as follows: 1) Waist circumference, waist-hip ratio, body mass index, and percent body fat decreased significantly in TR. 2) LDL-C decreased and HDL-C increased significantly in TR. 3) Fasting plasma insulin and HOMA-IR decreased significantly in TR. 4) Regarding cardiovascular function, diastolic blood pressure and mean arterial pressure decreased significantly in both TR and CON. *hs*-CRP were not changed significantly; however, it tended to be decreased TR. 5) Number of metabolic syndrome risk factors decreased significantly in TR(2.86±0.86 to 1.50±0.76). **[Conclusions]** It was concluded that 8 weeks of circuit exercise training would be beneficial for improvement of blood lipid profiles and insulin resistance, resulting in preventing metabolic syndrome. In particular, it would be very clinically meaningful that number of metabolic syndrome risk factors decreased from 2.86±0.86 to 1.50±0.76 by the circuit exercise training.

Key words: circuit training, bus driver, blood lipids, insulin resistance, cardiovascular function, metabolic syndrome 

서론

현대사회는 산업화로 인한 문명의 발달로 교통수단이 다양하게 발달되었고, 그 수요가 증가되었다(Depart-

ment for Transport, 2003). 국내 대중교통 이용 인원은 서울특별시에서 약 500만명, 경기도에서 약 310만명으로 서울과 경기도 인구의 약 50%에 해당되며, 교통수단별 수송 분담률에서 버스가 26.5%로 승용차를 제외하고 가장 높게 나타났다(Statistics Korea, 2014). 이와 같이 버스는 시민들의 요구와 필요성에 의하여 증가되고 있으며, 버스 수요의 증가에 비례하여 버스 운전기사도 증가되는 추세이다.

논문 투고일 : 2017. 01. 16.

논문 수정일 : 2017. 02. 11.

게재 확정일 : 2017. 02. 27.

* 교신저자 : 이만균(mlee@khu.ac.kr).

버스 수요가 증가되면서 남녀 버스 종사자가 모두 증가되었지만 여자는 대부분 사무직이었으며, 버스 운전기사의 경우 96%가 남자인 것으로 조사되었고, 특히 중장년층인 것으로 보고되었다(Statistics Korea, 2014). 아울러 지속적으로 증가되는 버스운전기사 수에도 불구하고, 버스 운전기사의 근무여건은 매우 열악한 것으로 드러났다(Shin et al., 2013). 버스 운전기사는 연속적인 교대근무, 장시간 운행, 그리고 심각한 대기오염 등의 위험요소에 노출되어 있다(John et al., 2006). Ministry of Labor(2003)의 근무형태 조사결과에 따르면, 서울특별시와 광역시내 버스에서는 1일 2교대제가 가장 많았고, 그 다음으로 격일제가 많은 것으로 보고되었다. 그리고 버스 운전기사의 평균 운행시간은 경제중심도시에서 편도 90.8분이었고(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2011), 1주일간 운행시간이 52시간 39분으로서 매주 8시간 39분을 연장근로하고 있었으며, 1개월간 근무시간이 228시간 17분으로서 매달 36시간 17분을 연장근로하는 것으로 조사되었다(Ministry of Labor, 2003). 이는 버스 운전기사의 좌식생활 시간이 금융서비스업보다도 길다는 것을 의미하며(van Dommelen et al., 2016), 특히 버스 운전기사의 근무 중 좌식생활은 강제적 좌식 패턴이라는 점에서 그 심각성이 더해진다.

이와 같은 장시간의 운행으로 인한 버스 운전기사의 신체활동량 부족은 비만과 과체중을 유발한다(DeVill-Almond et al., 2011). Shin et al.(2013)은 비만과 과체중으로 인하여 버스 운전기사의 중성지방(triglyceride: TG), 총콜레스테롤(total cholesterol: TC), 그리고 저밀도 지단백 콜레스테롤(low-density lipoprotein cholesterol: LDL-C)이 증가되고, 고밀도 지단백 콜레스테롤(high-density lipoprotein cholesterol: HDL-C)이 감소되어 심혈관질환의 위험이 증가된다고 보고하였고, 이는 각종 생활습관병과 대사증후군 발병률의 증가로 이어진다고 보고되었다(Biswas et al., 2015). 이와 관련하여 버스 운전기사의 경우 장시간 운전으로 인한 낮은 신체활동량과 불규칙적인 식사에 따라 비만이 유발되며, 결과적으로 심혈관질환과 대사증후군의 위험에 쉽게 노출된다고 보고되었다(Robinson & Burnett, 2005).

이와 같은 장시간의 좌식생활은 신체기능과 대사적 기능에 부정적인 영향을 미치며(American College of Sports Medicine, 2010), 버스 운전기사는 좌식생활자 사무직원과 마찬가지로 대사적 위험에 노출되어 있다(Healy et al., 2008). 특히, 장시간의 좌식생활로 인한 복부비만은 제2형 당뇨병, 고혈압, 이상지질혈증(dyslipidemia), 그리고 심혈관질환의 위험요소를 높게 되어 사망률을 증가시킨다(Ford & Caspersen, 2012). 국내 중년의 버스 운전기사를 대상으로 건강상태를 진단한 결과 건강관리 요망군이 32.6%였으며, 질환이 의심되는 사람은 16.9%에 달했다. 이들은 대부분 대사증후군 질환을 가지고 있어 규칙적인 운동과 생활습관 개선이 권고되고 있다(Yoon & Kim, 2002).

과거부터 버스 사고의 심각성에 대한 논의가 광범위하게 이루어져 왔으며, 시간이 지날수록 버스 운전기사의 건강이 승객의 안전과 밀접하게 연관되어 있다는 점에 관심이 높아지고 있다. 관련된 초기 연구에서 Laberge-Nadeau et al.(1996)은 고혈압을 가진 버스 운전기사의 교통사고 발생률이 건강한 운전기사에 비하여 높다고 보고하였다. 버스 운전기사는 교대 근무와 교통체증으로 인하여 근무시간이 일정하지 않으며, 휴식시간이 짧고 항상 피로가 누적되어 있어 운동에 참여하기 어렵다. 따라서 즐겁고 용이하게 실시하면서 짧은 시간에 여러 가지의 체력요소를 향상시킬 수 있는 유형의 운동이 필요한 실정이다.

버스 운전기사는 이른 새벽부터 교대 근무를 시작하고, 전술한 바와 같이 지나치게 오랜 시간 동안 강제적으로 앉아 각종 스트레스를 받아가면서 운전을 하며, 실제 국내 버스 회사에서는 운동 시설을 제대로 갖춘 곳도 많지 않아 버스 운전기사가 운동을 실천하기 어려운 상황이다. 버스 운전기사의 건강수준이 위협받고 있는 현실정을 감안할 때 장시간에 걸쳐, 그리고 훌륭한 시설에서 유산소운동 또는 저항성운동을 각각 실시하기 어려운 상황에서 이를 대체할 수 있는 운동 트레이닝 개발이 필요하다고 사료되며, 흥미성이 높고 단기간에 다양한 체력요소를 동시에 발달시킬 수 있는 순환운동이 그 적절한 대안이 될 수 있을 것이다. 최근 짧은 시간 동안 유산소운동과 저항성운동을 휴식 없이 번갈아 실시하는 운동인 순환운동에 대한 관심이 높아지고 있다. 선행연구에

서 유산소운동은 비만 및 대사증후군 위험요소를 개선하며(Watts et al., 2005), 저항성운동은 근육량을 증가시켜 기초대사량을 향상시키고 체지방을 감소시킨다고 보고되었다(American College of Sports Medicine, 2010). 순환운동은 이 두 가지 운동의 효과를 동시에 내포하고 있고, 짧은 시간에 특별한 시설 없이 실시할 수 있으며, 흥미성이 높아 참여율이 높다는 보고가 있었다(Kim et al., 2014). Tokmakidis et al.(2004)은 유산소운동과 저항성운동의 복합 순환운동을 4주간과 16주간 실시한 결과 두 시점 모두에서 인슐린 저항성과 심혈관기능이 유의하게 개선되었다고 보고하였으며, 순환운동의 경우 8주간 실시하면 신체기능의 유의한 개선이 가능하다고 보고되었다(Maiorana et al., 2002; Nindl et al., 2010). 또한 순환운동은 혈관내피의 확장을 지배하는 신경 기능을 개선시켜, 근육으로 가는 혈류량을 증가시키고 해당작용을 활성화하며, 결과적으로 인슐린 저항성과 심혈관기능의 개선뿐만 아니라 대사증후군의 예방에도 도움이 된다고 보고되었다(Ebeling et al., 1993; Maiorana et al., 2000).

전술한 바와 같이, 버스 운전기사는 직업의 특성상 오랜 시간 강제적인 좌업생활과 열악한 운행 환경에 노출되어 각종 대사질환과 관련된 문제점이 커질 가능성이 크다. 따라서 버스 운전기사를 대상으로 운동 트레이닝을 적용하여 대사증후군과 관련된 변인의 변화를 종합적으로 규명하는 연구가 절실하다. 건강과 복지의 사각지대에 있는 버스 운전기사의 건강상 문제점을 종합적으로 파악하고, 이들을 대상으로 순환 운동의 효과를 검증한 이 연구는 향후 현장 적용성이 매우 클 것으로 기대된다. 이 연구에서는 8주간의 순환운동이 중년 남성 버스 운전기사의 혈중 지질, 인슐린 저항성, 심혈관기능 및 대사증후군 위험요인에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

연구 방법

연구 대상자

이 연구의 대상자는 S시 소재 W버스회사에 근무 중인

40~50대의 남성 버스 운전기사로서 경력이 5년 이상이고, 최근 6개월 내에 체계적인 운동 트레이닝에 참여한 바 없으며, 체력검사와 순환운동에 참여하는데 문제가 없는 자였다. 집단별 최소 대상자의 수는 유의수준을 .05, 검정력을 80%, 그리고 효과크기를 .25로 하여 G*Power 3.1 프로그램을 사용하여 12명으로 산출되었다. 이에 기초하여 30명을 선정해 운동집단과 통제집단에 각각 15명씩 무선 할당하였으며, 운동집단에서 1명이 탈락하여 운동집단 14명과 통제집단 15명의 결과를 최종 분석하였다. 연구의 시작 전에 연구의 목적과 절차에 대하여 설명하였고, 이를 충분히 이해하고 자발적으로 참여하고자 하는 대상자로부터 검사동의서, 건강병력지, 그리고 신체활동준비 설문지를 받은 후 연구에 참여하도록 하였다. 연구 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>에 제시된 바와 같다.

Table 1. Physical characteristics of participants (mean±SD)

Variables \ Groups	TR (n=14)	CON (n=15)	p
Age(yrs)	50.60±5.71	51.20±5.96	.780
Height(cm)	171.25±4.77	170.79±4.39	.789
Body weight(kg)	73.31±7.72	68.15±9.69	.123
%BF(%)	23.63±3.73	21.53±5.92	.261
BMI(kg·m ⁻²)	24.88±2.45	23.35±3.50	.182
Career(yrs)	11.93±3.94	10.93±4.64	.530

TR: training group, CON: control group.

%BF: percent body fat, BMI: body mass index.

측정 항목과 방법

모든 대상자는 사전검사와 사후검사를 위하여 각각 1일씩 W버스회사 내 실내체육관을 방문하여 측정에 참여하였다. 측정 전 12시간 동안 음식을 한 후, 측정 당일 오전 4~6시부터 한번 배차한 후 오전 6~8시에 검사실에 순차적으로 도착하도록 하여 각종 측정을 실시하였다. 측정 중 검사실 내부의 온도와 습도를 각각 20~23°C와 40~60%로 유지하였다. 병력조사를 제외한 모든 검사와 측정은 사전검사와 사후검사 간에 동일한 방법으로, 그리고 동일한 측정자에 의하여 진행되었고, 감독자와 보조자의 관리 하에 안전하게 진행되었다.

체격과 신체구성

체격 변인으로 신장, 체중, 허리둘레, 그리고 엉덩이둘레를 측정하였다. 신장은 신장계(Samhwa, 한국)를 이용하여 측정하였고, 체중계는 전자식 지시저울(CAS-150kg, DW-150, 한국)을 이용하여 측정하였다. 허리둘레는 발을 모으고 정자세로 편하게 숨을 내쉬 상태에서 배꼽 부위를 수평으로 측정하였으며, 엉덩이둘레는 같은 자세에서 엉덩이 중 가장 튀어나온 부위에서 수평으로 측정하였다. 그리고 허리둘레를 엉덩이둘레로 나누어 허리·엉덩이둘레비(waist-hip ratio: WHR)를 산출하였다.

신체구성은 대상자 전원에게 측정 24시간 전부터 음주와 고강도 운동을 금하도록 하고, 측정 12시간 전부터 금식을 하도록 한 상태에서 다주파수 임피던스 기기(HBF-357, Omron, 일본)를 이용하여 측정하였다. 측정 시 불필요한 행동을 금지하고 바른 자세를 유지하도록 하면서 체지방률(%)을 측정하였다. 한편, 체질량지수(body mass index: BMI)는 체중(kg)을 신장의 제곱(m²)으로 나누어 산출하였다.

혈액 채취와 분석

측정 전 12시간 동안 금식을 한 후, 측정 당일 오전 6~8시에 검사실에 도착하도록 하여 혈액을 채취하였다. 혈액 변인은 TC, TG, LDL-C, HDL-C, 공복인슐린(fasting plasma insulin: FPI), 공복혈당(fasting plasma glucose: FPG), 그리고 high-sensitivity C-reactive protein(*hs*-CRP)으로 설정하였다. 전문 간호사가 1회용 주사기를 이용하여 상완 주정맥(antecubital vein)에서 10 mL의 혈액을 채취하였다. 채혈한 혈액을 항응고 처리된 튜브에 넣어 gentle inversion하고 5분간 둔 후 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm으로 10분간 원심분리한 다음, 세포 성분(cellular elements)을 제외한 혈장(plasma)을 뽑아 보관 튜브에 넣어 분석 전까지 -70°C의 초저온 냉동고에 보관하였다. 혈장 샘플을 (주)G의료재단에 의뢰하여 다음과 같이 분석하였다.

혈중 질질 성분으로 TC와 TG는 Modular analytics (Roche, 독일)를 이용하여 효소측정법(enzymatic method)으로 분석하였고, LDL-C와 HDL-C는 효소비색법(enzymatic colorimetric assay)을 이용하여 분석하였다.

인슐린 저항성 지표로 FPI는 전기화학 발광면역 분석법(electrochemiluminescence immunoassay: ECLIA)으로 면역 분석장비(Elecsys, Roche, 스위스)를 이용하여 분석하였고, FPG는 glucose oxidase 방법(Bekman glucose analyzer II)으로 측정하였다. 인슐린 저항성 지표인 homeostasis model of assessment of insulin resistance(HOMA-IR)는 FPI와 FPG를 이용하여 Matthews et al.(1985)이 제시한 다음의 공식에 대입하여 산출하였다.

▶ HOMA-IR =

$$[FPI(\mu U \cdot ml^{-1}) \times FPG(mmol \cdot L^{-1})] / 22.5$$

염증 지표로서 *hs*-CRP를 분석하였으며, 이 분석을 위하여 면역비탁법(immunoturbidimetric assay)을 사용하였다.

혈압

대상자가 5분간의 안정을 취하도록 한 후 수동식 수은혈압계(SK, Welch Alyn Company, 독일)를 이용하여 앉은 자세에서 왼팔의 수축기혈압(systolic blood pressure: SBP)과 이완기혈압(diastolic blood pressure: DBP)을 측정하였다. 각각 2회씩 실시하여 평균값을 기록하였다. 맥압(pulse pressure: PP)은 SBP에서 DBP를 뺀 값으로 산출하였고, 평균동맥압(mean arterial pressure: MAP)은 PP를 3으로 나눈 값에 DBP를 더하여 산출하였다.

대사증후군 위험요인 판정

이 연구에서 각 대상자별로 대사증후군 위험요인의 수를 결정하기 위하여 NCEP-ATPIII(2001)와 International Diabetes Federation(2006)에서 제시한 판정 기준을 보완한 Alberti et al.(2009)의 대사증후군 위험요인 판정 기준을 사용하였다. 이 연구에서 사용한 판정 기준은 허리둘레 90 cm 이상, TG 150 mg·dl⁻¹ 이상, HDL-C 40 mg·dl⁻¹ 이하, FPG 100 mg·dl⁻¹ 이상, 그리고 혈압 130/85 mmHg 이상이었으며, 이 기준에 해당되는 수를 산출하였다.

운동 프로그램

이 연구의 운동집단 대상자가 실시한 운동은 유산소

운동과 저항성운동을 번갈아 실시하는 순환운동(circuit exercise) 프로그램으로서, Rasmussen et al.(2004)의 프로그램에 근거하여 구성하였다. W버스회사 소재 실내 체육관에서 전문 운동지도자의 지도 하에 실시하였으며, 운동 동작은 유산소운동과 저항성운동을 번갈아가며 구성하여 몸털기, 팔굽혀펴기, 제자리 달리기, 스쿼트, 팔벌려 높이뛰기, 런지, 마운틴 클라이밍, 그리고 눈감고 외발서기의 순서로 각각 1분씩 실시하였고, 이를 1세트로 하여 하루에 3세트씩 총 30분간 실시하였고, 세트 간에 2분의 휴식시간을 주었다. 운동은 2교대인 버스 운전기사를 위해 퇴근 후와 출근 전 1시간의 여유시간에 8주간 주 3회 실시하였으며, 운동시간은 5분씩의 준비운동과 정리운동, 그리고 본운동 30분을 합쳐 총 40분으로 하였다. 운동강도는 선행연구에 따라 HRR의 50~80%로 설정하였다(Jung, 2009). 1~4주는 HRR의 50~60% 강도로, 5~6주는 HRR의 60~70% 강도로, 그리고 마지막 7~8주는 HRR의 70~80% 강도로 설정하여 동작마다 1분간의 반복횟수를 증가시켜 운동강도가 점차 증가되도록 하였다. 운동 중 대상자에게 Polar heart rate analyzer(Polar Electro OY, 핀란드)를 착용시켜 지속적으로 심박수를 측정함으로써 8가지 동작 동안의 평균 심박수를 측정하여 목표 심박수 범위를 유지하는지 여부를 확인하였다. 한편, 통계집단은 동일한 처치 기간 동안 평소의 신체활동 습관과 식이섭취 습관을 포함한 모든 생활 습관을 그대로 유지하도록 하였다.

자료처리 방법

이 연구에서 얻은 모든 결과는 SPSS PC⁺ for Windows (version 23.0) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 집단의 검사별 기술 통계량을 제시하기 위하여 평균(mean)과 표준편차(standard deviation: *SD*)를 산출하였다. 두 집단(운동집단, 통제집단) 간, 그리고 두 검사(사전검사, 사후검사) 간 종속 변인의 평균 차이를 동시에 분석하기 위하여 반복 이원변량분석(repeated two-way ANOVA)을 실시하였다. 반복 이원변량분석 결과 집단의 주효과, 검사의 주효과 또는 집단과 검사의 상호작용이 유의한 경우 각 집단 내 두 검사 간의 차이는 종속 *t*-검증을, 그리고 각 검사 내 집단 간 차이는 독립

t-검증을 통하여 검증하였다. 모든 통계분석의 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

연구 결과

엉덩이둘레에서 검사의 주효과가 유의하게 나타났고, 허리둘레, WHR, 그리고 BMI에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타났으며, 체지방률에서는 검사의 주효과 및 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타났다. 운동집단에서 허리둘레($p<.01$), 엉덩이둘레($p<.01$) 및 WHR($p<.05$)이 유의하게 감소되었고, 통제집단에서 허리둘레($p<.05$)와 WHR($p<.01$)이 유의하게 증가되었다. 또한 운동집단에서 BMI($p<.01$)와 체지방률($p<.01$)이 유의하게 감소되었다(Table 2 참조).

혈중 지질과 관련하여 LDL-C와 HDL-C에서 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타났다. 운동집단에서 LDL-C($p<.05$)가 유의하게 감소되었고, HDL-C($p<.05$)가 유의하게 증가되었다(Table 3 참조).

인슐린 저항성 지표와 관련하여 FPI와 HOMA-IR에서 검사의 주효과 및 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타났다. 운동집단에서 FPI($p<.05$)와 HOMA-IR($p<.01$)이 유의하게 감소되었다(Table 4 참조).

심혈관기능과 관련하여 DBP와 MAP에서 검사의 주효과가 유의하게 나타났다. 운동집단과 통제집단 모두에서 DBP($p<.05$)와 MAP($p<.05$)가 유의하게 감소되었다(Table 5 참조).

대사증후군 위험요인 수에서 검사의 주효과 및 집단과 검사의 상호작용이 유의하게 나타났으며, 운동집단에서 유의하게($p<.001$) 감소되었다(Table 6 참조).

논 의

체격과 신체구성의 변화

장기간의 유산소운동과 저항성운동은 신체구성 개선에 매우 효과적이며, 두 가지를 병행한 순환운동은 심혈

Table 2. Changes of physique and body composition (mean±SD)

Variables	Groups	Tests		$\Delta\%$		P
		Pre	Post			
Body weight (kg)	TR	73.31±7.72	72.88±8.09	-0.59	G	.153
	CON	68.15±9.69	68.26±9.98	0.16	T GxT	.475 .224
Waist circumference (cm)	TR	87.11±7.52	84.68±7.09	**	-2.79	G
	CON	83.30±11.06	84.60±11.06	*	1.56	T GxT
Hip circumference (cm)	TR	97.32±4.47	96.07±4.56	**	-1.28	G
	CON	94.37±5.34	93.80±4.99		-0.60	T GxT
Waist-hip ratio	TR	0.89±0.05	0.88±0.04	*	-1.12	G
	CON	0.88±0.07	0.90±0.08	**	2.27	T GxT
Body mass index (kg·m ⁻²)	TR	24.88±2.45	24.55±2.59	**	-1.33	G
	CON	23.35±3.50	23.41±3.62		0.26	T GxT
Percent body fat (%)	TR	23.63±3.73	21.94±3.81	**	-7.15	G
	CON	21.53±5.92	21.63±5.89		0.46	T GxT

TR: training group, CON: control group; G: group; T: test; G×T: group×test;
 + p <.05, ++ p <.01, +++ p <.001: Significant main effect or interaction;
 * p <.05, ** p <.01: Significant difference between pre- and post-test within a group.

Table 3. Changes in blood lipid profiles (mean±SD)

Variables	Groups	Tests		$\Delta\%$		p
		Pre	Post			
TC (mg·dl ⁻¹)	TR	186.21±22.26	176.00±25.59	-5.23	G	.958
	CON	182.23±32.77	180.92±23.11	-0.72	T GxT	.235 .356
TG (mg·dl ⁻¹)	TR	138.57±70.53	117.57±47.30	-15.15	G	.388
	CON	119.46±56.17	104.00±41.45	-14.63	T GxT	.089 .790
LDL-C (mg·dl ⁻¹)	TR	117.93±17.87	107.07±16.93	*	-9.21	G
	CON	106.46±37.94	113.08±25.98		6.22	T GxT
HDL-C (mg·dl ⁻¹)	TR	45.21±12.92	50.57±11.15	*	11.86	G
	CON	48.85±12.86	47.69±13.66		-2.37	T GxT

TR: training group, CON: control group; G: group; T: test; G×T: group×test;
 + p <.05: Significant main effect or interaction; * p <.05: Significant difference between pre- and post-test within a group.

Table 4. Changes in surrogate indices of insulin resistance (mean±SD)

Variables	Groups	Tests		$\Delta\%$		p
		Pre	Post			
Fasting plasma insulin (μ U·ml ⁻¹)	TR	9.70±7.36	6.90±4.17	*	-28.87	G
	CON	7.05±3.95	6.85±3.65		-2.84	T GxT
Fasting plasma glucose (mg·dl ⁻¹)	TR	100.50±8.84	97.86±5.60		-2.63	G
	CON	99.87±12.46	100.47±8.83		0.60	T GxT
HOMA-IR	TR	2.41±1.73	1.66±1.02	**	-31.12	G
	CON	1.74±0.98	1.73±1.05		-0.57	T GxT

TR: training group, CON: control group; G: group; T: test; G×T: group×test;
 + p <.05: Significant main effect or interaction; * p <.05, ** p <.01: Significant difference between pre- and post-test within a group.

Table 5. Changes in cardiovascular function (mean±SD)

Variables	Groups	Tests		Δ%		p
		Pre	Post			
hs-CRP (mg·dl ⁻¹)	TR	0.96±1.23	0.57±0.51	-40.63	G	.484
	CON	1.01±1.30	1.3±2.70	28.71	T G×T	.857 .228
Systolic blood pressure (mmHg)	TR	131.07±5.82	127.43±8.39	-2.78	G	.963
	CON	130.40±12.47	128.40±9.60	-1.53	T G×T	.065 .581
Diastolic blood pressure (mmHg)	TR	88.36±4.25	83.29±5.39	*	G	.399
	CON	89.20±7.40	86.00±7.05	*	T G×T	.001++ .383
Pulse pressure (mmHg)	TR	42.71±4.87	44.14±5.84		G	.402
	CON	41.20±6.71	42.40±6.42		T G×T	.268 .922
Mean arterial pressure (mmHg)	TR	102.60±4.25	98.00±6.12	*	G	.601
	CON	102.93±8.85	100.12±7.40	*	T G×T	.002++ .412

hs-CRP: high-sensitivity C-reactive protein; TR: training group, CON: control group; G: group; T: test; G×T: group×test; ++p<.01: Significant main effect or interaction; *p<.05: Significant difference between pre- and post-test within a group.

Table 6. Changes in number of metabolic syndrome risk factors (mean±SD)

Variables	Groups	Tests		Δ%		p
		Pre	Post			
Number of metabolic syndrome risk factors	TR	2.86±0.86	1.50±0.76	***	G	.794
	CON	2.13±1.36	2.00±1.60		T G×T	.000+++ .000+++

TR: training group, CON: control group; G: group; T: test; G×T: group×test; +++p<.001: Significant main effect or interaction; ***p<.001: Significant difference between pre- and post-test within a group.

관기능 향상뿐만 아니라 골격근의 증가 등 신체구성의 개선에 효과적이라고 보고된 바 있다(Watts et al., 2005). 이 연구에서는 버스 운전기사를 대상으로 8주간 순환운동을 실시한 후 체격과 신체구성의 변화를 알아보기 위하여 체중, 허리둘레, 엉덩이둘레, WHR, BMI, 그리고 체지방률을 측정하였다. 순환운동 트레이닝 후 체중에서 유의한 변화가 나타나지 않았으나 허리둘레, WHR, BMI 및 체지방률에서 유의한 개선이 나타났다. Lee et al.(2005)은 비만자를 대상으로 13주간 중강도 유산소운동을 실시한 결과 체중에서는 유의한 변화가 없었지만 허리둘레와 체지방률이 유의하게 감소되었다고 보고하였고, Johnson et al.(2009)은 비만 남녀를 대상으로 4주간 VO₂peak의 50~60% 강도로 주당 30~45분씩 사이클 운동을 실시한 결과 체중에서는 유의한 변화가 없었지만 체지방률과 복부지방의 감소가

나타나 허리둘레와 WHR가 유의하게 감소가 나타났다 고 보고하여 이 연구의 결과와 일치하였다.

이 연구의 결과와 선행연구에서 나타난 바와 같이 운동 트레이닝을 통하여 체중의 유의한 변화가 없는 상태에서 신체구성의 전반적인 개선이 나타난 이유는 다음의 연구결과를 통하여 해석될 수 있다. Jabekk et al.(2010)은 체중의 유의한 감소를 유도하는데 있어서 운동 트레이닝만으로는 제한적이며, 이에 더하여 식이 조절을 해야 가능하다고 주장하였다. 특히, 운동 트레이닝 기간이 길지 않은 경우에는 더욱 그러하다. 이 연구에서는 식이섭취량을 제한하지 않았고 처치 기간도 8주에 불과하였기 때문에 체중의 유의한 감소를 유도하기 어려웠다고 판단된다. 한편, 체중(0.59% 감소)의 유의한 변화가 없었음에도 불구하고 BMI(1.33% 감소)의 유의한 변화가 나타난 것은 체중에 비하여 BMI의 변화 양상

이 개인 간에 보다 더 일관성 있게 나타났고 표준편차도 상대적으로 적어 나타난 결과로 사료된다.

이상의 결과를 종합하여 보면, 8주간의 순환운동은 버스 운전기사의 체중에는 유의한 영향을 미치지 못했지만, 신체구성의 개선에 공헌한 것으로 정리할 수 있다. 특히, 대사증후군 위험요인 중 하나인 허리둘레의 유의한 개선 효과가 나타나 임상적으로 큰 의미를 내포한다고 판단된다. 향후 체중에 대한 순환운동의 효과를 보다 명확하게 규명하기 위하여 보다 장기간에 걸친 처치와 식이섭취량의 조절을 포함한 후속 연구가 요청된다.

혈중 지질의 변화

혈중 TG 농도의 증가는 심혈관질환 발병률을 높이는 것으로 알려져 있다. 또한 TG와 함께 증가되는 혈중 TC와 LDL-C는 혈관 내막에 작용하여 단면적을 축소 시킴으로써 혈류를 막아 협심증과 심근경색을 유발한다 (O'Keefe & Bell, 2007). 한편, 체내 잉여분의 콜레스테롤을 처리하는 HDL-C이 매우 중요하며, 높은 HDL-C는 각종 심혈관질환과 동맥경화증을 예방하는 중요한 역할을 한다 (Barter et al., 2004).

이와 같이 혈중 지질로 인하여 발생하는 심혈관질환을 예방하는 가장 효과적인 방법으로 규칙적인 운동이 권장되고 있다 (DiPietro et al., 2008). Kraus et al. (2002)은 24주간 VO_2 peak의 65~80% 강도로 유산소운동을 실시한 결과 TG와 LDL-C가 유의하게 감소되고 HDL-C가 유의하게 증가되었다고 보고하였고, Nybo et al. (2010)은 12주간 VO_2 max의 65% 강도로 주당 150분간 유산소운동을 실시한 결과 모든 혈중 지질관련 변인이 개선되었다고 보고하였다. 또한 Ha & So (2012)는 12주간 HRR의 60~80% 강도로 주 3회 유산소운동과 저항성운동의 복합 트레이닝을 실시한 결과 TC, TG, 그리고 LDL-C가 유의하게 감소되었다고 보고하였다. 이상에서 살펴본 바와 같이 유산소운동과 저항성운동은 모두 혈중 지질의 개선에 효과적인 것으로 나타났다으며, 이에 앞서 장기간의 순환운동 또한 혈중 지질 개선에 매우 효과적이라는 보고도 있었다 (Prabhakaran et al., 1999). 이 연구에서도 8주간의 순환운동을 통하여 LDL-C가 유의하게 감소되고 HDL-C가 유의하게

증가되어 선행연구와 유사한 결과가 나타났다.

그러나 이 연구에서 8주간 순환운동을 실시한 결과 TC와 TG에서는 유의한 변화가 나타나지 않아 선행연구와 다소 다른 결과를 보였다. 사실 모든 선행연구에서 운동 트레이닝을 통하여 혈중 지질의 개선이 나타난 것은 아니었다. 관련 연구를 살펴보면, Lambers et al. (2008)은 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 12주간 HRR의 60~85% 강도로 순환운동을 실시한 결과 TG와 LDL-C의 유의한 변화가 나타나지 않았다고 보고하였고, Ho et al. (2012)은 12주간 비만 남녀를 대상으로 HRR의 60%, 그리고 1RM의 75% 강도로 순환운동을 실시한 결과 혈중 지질의 유의한 변화가 나타나지 않았다고 보고하였다. 이와 같은 선행연구의 결과를 볼 때 순환운동의 처치가 혈중 지질의 개선에 항상 효과적이라고 결론내리기는 어렵다. 운동 트레이닝을 통한 혈중 지질의 개선 여부와 개선 정도는 트레이닝 기간, 운동유형, 운동강도, 운동시간, 운동빈도, 대상자의 특성, 대상자의 혈중 지질 특성, 그리고 처치 중 식이 통제 정도 등 다양한 요인에 따라 다르게 나타날 수 있다. 이 연구에서도 TC와 TG가 8주간의 순환운동에 의하여 각각 5.23%와 15.15%씩 감소되었지만, 참여한 대상자의 TC와 TG 수준이 정상 범위에 속해 있었기 때문에 통계적으로 유의한 개선을 보이는데 제한이 있었다고 해석된다.

이상의 내용을 정리하면, 8주간 실시한 순환운동이 중년 남성 버스 운전기사의 혈중 지질 특성을 개선하는데 비교적 효과가 컸다고 할 수 있다. 물론 이 연구에서 측정된 4가지 변인 모두에서 통계적으로 유의한 개선이 나타난 것은 아니지만, LDL-C와 HDL-C의 유의한 개선 및 TC와 TG의 감소 경향을 동시에 감안하였을 때 순환운동의 긍정적 효과가 나타났다고 판단된다.

인슐린 저항성의 변화

인슐린은 췌장의 β 세포에서 분비되는 단백질 호르몬으로서 혈당을 낮추는 역할을 한다. 인슐린이 적게 분비되어 혈당을 잘 낮추는 상태가 정상인 반면, 인슐린이 많이 분비되었음에도 불구하고 혈당을 잘 낮추지 못하는 상태를 인슐린 저항성이라고 한다. 따라서 공복 시 인슐린 저항성의 정도를 평가하기 위해서는 FPI와 FPG의

수치를 측정하는 것이 매우 중요하다(Keskin et al., 2005).

공복 시 인슐린 저항성을 평가하기 위해서는 FPI와 FPG를 동시에 감안해야 하며, HOMA-IR은 FPI와 FPG를 함께 이용하여 인슐린 저항성을 평가하기 위한 유용하고 간단한 방법이다(Bonora et al., 2000). 이 연구에서는 운동집단의 FPI와 HOMA-IR이 유의하게 감소되어 8주간의 순환운동이 인슐린 저항성의 개선에 효과적이었다고 결론지을 수 있으며, 이를 뒷받침하는 선행연구는 매우 많다. Cox et al.(2004)은 신체활동량이 낮은 20~50대 남녀를 대상으로 16주간 고강도 유산소운동을 실시한 결과 FPI와 FPG가 유의하게 감소되었다고 보고하였고, Balducci et al.(2010)은 제2형 당뇨병 환자를 대상으로 12주간 유산소운동을 VO_2max 의 70~80% 강도로, 그리고 저항성운동을 1RM의 80% 강도로 병행하여 실시한 결과 FPI가 유의하게 감소되었다고 보고하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 유산소운동 또는 복합운동은 FPI와 FPG의 개선에 매우 효과적임을 알 수 있다. 이에 더하여 HOMA-IR과 관련된 선행연구를 살펴보면, O'Donovan et al.(2005)은 좌식생활을 하는 중년 남성을 대상으로 24주간 주 3회, 회당 15분씩 VO_2max 의 50~60%로 유산소운동을 실시한 결과 HOMA-IR이 유의하게 감소되었다고 보고하였고, Maiorana et al.(2002)은 50대 제2형 당뇨병 남녀 환자를 대상으로 8주간 주 3회, 회당 1시간씩 HRpeak의 70~85%, 1RM의 55~65% 강도로 순환운동을 실시한 결과 인슐린 저항성이 유의하게 개선되었다고 보고하였다. 이처럼 유산소 운동과 순환운동은 당뇨병 환자의 인슐린 저항성 개선에 매우 효과적이다. 반면, 이 연구에서는 FPG에서 유의한 변화가 나타나지 않았는데, 이는 대상자의 FPG 수치가 정상 범위에 있었기 때문에 변화에 제한이 있었다고 판단된다. 그러나 FPI가 유의하게 감소(28.87% 감소)되었음에도 불구하고 FPG를 약간 낮추었고(2.63% 감소), 결과적으로 HOMA-IR이 유의하게 감소(31.12% 감소)된 점을 고려할 때 8주간의 순환운동을 통하여 인슐린 저항성이 유의하게 개선되었다고 결론내릴 수 있다. 이와 같은 개선 효과가 정상범위에 있는 대상자에게도 불과 8주간의 처치를 통해 나타났다는 점을 주목할 필요가 있다. 아울러 대사증후군 위험요인 중 하나인

FPG의 경우 통계적으로 유의한 변화는 나타나지 않았지만, 운동집단 대상자의 사전검사 평균 수치가 위험요인 기준인 $100\text{ mg}\cdot\text{dl}^{-1}$ 이상에서 사후검사에서는 $100\text{ mg}\cdot\text{dl}^{-1}$ 이하로 감소되어 임상적으로도 의미가 있었다고 해석된다.

심혈관기능의 변화

심혈관질환과 관련된 위험요소로는 고혈압, 스트레스, 흡연, LDL-C, 성별, 그리고 비만 등이 있으며(Mathieu, 2010), 장시간에 걸쳐 스트레스를 받으면서 강제적으로 좌식생활을 해야 하는 버스 운전기사의 경우 일반인에 비하여 심혈관기능이 떨어지고 심혈관질환의 발병률이 높아질 가능성이 크다고 보고되었다(Shin et al., 2013). 이에 이 연구에서는 심혈관기능 및 이와 관련된 염증지표를 측정하였다.

먼저, 심혈관질환 지표 중 하나인 CRP는 급성기 면역 단백질로서 전신적 염증반응을 나타내며(Visser et al., 1999), *hs*-CRP는 보다 낮은 농도 수준까지 정확하고 민감하게 측정할 수 있다(Ridker et al., 2000). 특히, 대사증후군 환자의 경우 염증이 발생되어 *hs*-CRP 농도가 높게 나타나며(Meshkani & Adeli., 2009), 유산소운동과 저항성운동 모두 *hs*-CRP 농도 감소에 효과적이다(Arikawa et al., 2011). 이 연구에서는 운동집단의 *hs*-CRP에서 통계적으로 유의한 변화는 나타나지 않았지만, 40.63% 감소되었다. 이와 관련하여, Jorge et al.(2011)은 50대 비만 여성을 대상으로 12주간 주 3회 젓산역치 수준의 강도로 유산소운동과 저항성운동을 병행하여 실시한 결과 *hs*-CRP가 유의하게 감소되었다고 보고하였고, Kim et al.(2007)은 비만 남자 청소년을 대상으로 6주간 주 5회, 회당 40분씩 줄넘기를 실시한 결과 *hs*-CRP가 유의하게 감소되었다고 보고하였다. 한편, Imayama et al.(2012)은 비만 여성을 대상으로 12개월간 추적 조사한 결과 중강도로 주 5회, 회당 45분씩 유산소운동을 실시한 대상자 중 체중이 5% 이상 감소된 집단에서는 *hs*-CRP의 유의한 감소가 나타났지만, 체중이 5% 미만 감소된 집단에서는 *hs*-CRP의 유의한 감소가 나타나지 않았다고 보고하였다. 이는 운동 트레이닝을 통한 *hs*-CRP의 감소 여부가 체중 변화 정도와 밀접하게 관련되어 있다는 것은 보여주는 의미

있는 결과라고 사료된다. 이상의 결과와는 달리 Lee et al.(2010)은 비만 아동을 대상으로 10주간 1RM의 70~80% 강도로 순환운동을 실시한 결과 *hs*-CRP의 유의한 변화가 나타나지 않았다고 보고하였다.

전술한 바와 같이 운동 트레이닝을 통한 *hs*-CRP 농도의 변화는 체중의 변화와 관계가 있으며(Imayama et al., 2012), 이에 더하여 BMI 및 체지방률과 관련이 있다는 보고도 있었다(McLaughlin et al., 2002). 이 연구의 운동집단에서 *hs*-CRP의 유의한 감소가 나타나지 않은 것은 체중의 유의한 변화가 없었다는 것으로 일부 해석될 수 있다. 그러나 통계적으로 유의한 변화는 아니었지만 *hs*-CRP가 통제집단에서 28.71% 증가된 반면 운동집단에서 40.63% 감소된 것을 함께 고려하면, 8주간의 순환운동이 심혈관계 염증 지표인 *hs*-CRP의 개선에 효과적이었다고 결론지을 수 있다.

혈압과 관련하여 이 연구에서 SBP와 PP는 두 집단 모두에서 유의한 변화가 나타나지 않았다. DBP와 MAP의 경우 운동집단에서 유의하게 감소되었지만 통제집단에서도 유의하게 감소되어, 결론적으로 8주간의 순환운동이 혈압의 감소에 효과적이었다고 보기는 어렵다. 이와 관련하여, Dunstan et al.(2002)은 60~80대의 노인 남녀를 대상으로 12주간 저항성운동을 1RM의 50~85% 강도로 실시한 결과 혈압이 통계적으로 유의하지는 않았지만 감소되는 경향을 보였다고 보고하였고, Guimaraes et al.(2010)은 56명의 좌식생활 남녀를 대상으로 16주간 주 3회, 회당 40분씩 HRR의 50~80% 강도로 인터벌 운동을 실시한 결과 혈압의 유의한 감소가 나타나지 않았다고 보고하여 이 연구의 결과와 유사했다. 일반적으로 장기간의 운동은 혈압 조절에 매우 효과적인 것으로 알려져 있지만(Ekblom-Bak et al., 2015), 이 연구에서 혈압에 대한 유의한 운동 효과가 나타나지 않은 것은 혈압의 변화가 체중의 변화와 밀접하게 관련되어 있다는 Iwashima et al.(2011)의 연구 결과와 운동처치만으로 혈압을 감소시키기는 어렵고 금연, 약물, 그리고 식이습관의 개선이 병행되어야 효과적이라는 Figueroa et al.(2013)의 주장에 의하여 일부 설명될 수 있다. 또한 Maiorana et al.(2000)은 순환운동을 통하여 나타나는 심혈관기능의 긍정적 효과가 주로 혈관내피의 개선을 통하여 나타나며, 이는 심

혈관질환 대상자에게서 효과적으로 나타나며, 정상수준의 대상자의 경우 좀 더 장기간의 운동 처치가 필요하다고 주장하였다. 이 연구에서는 대상자의 혈압이 정상수준이었기 때문에 8주간의 운동으로는 효과가 나타나는데 제한이 되었다고 사료된다.

이 연구에서 8주간의 순환운동에 의하여 혈압의 유의한 개선이 나타나지 않았음에도 불구하고, 대사증후군 위험요인 중 하나인 SBP의 경우 통계적으로 유의한 변화는 나타나지 않았지만, 운동집단 대상자의 사전검사 평균 수치가 위험요인 기준인 130 mmHg 이상에서 사후검사에서는 130 mmHg 이하로 감소되어 임상적으로 의미가 있었다는 점은 주목할 만하다.

대사증후군 위험요인 수의 변화

이 연구에서는 NCEP-ATPIII(2001)와 International Diabetes Federation(2006)에서 제시된 대사증후군 위험요인의 판정 기준을 Alberti et al.(2009)이 보완하여 통합한 판정 기준을 사용하였다. 그 판정기준은 허리둘레 90 cm 이상, TG 150 mg·dl⁻¹ 이상, HDL-C 40 mg·dl⁻¹ 이하, FPG 100 mg·dl⁻¹ 이상, 그리고 혈압 130/85 mmHg 이상이었으며, 이 중 3개 이상에 해당되면 대사증후군으로 진단된다.

Tjonna et al.(2008)은 대사증후군 환자를 대상으로 16주간 주 3회, 고강도 인터벌 트레이닝을 실시한 결과 대사증후군 위험요인의 수가 유의하게 감소되었다고 보고하였고, Irving et al.(2008)은 대사증후군 여성을 대상으로 16주간 주 5회, RPE 10~17 강도로 고강도 인터벌 트레이닝을 실시한 결과 대사증후군 위험요인의 수가 감소되었다고 보고하였다. 이에 더하여 Stensvold et al.(2010)은 대사증후군 환자를 대상으로 12주간 주 3회, HRpeak의 70~95% 강도와 1RM의 60~80% 강도로 순환운동을 실시한 결과 대사증후군 위험요인이 개선되었다고 보고하였다. 이에 더하여 Jorge et al.(2011)은 당뇨병 환자를 대상으로 12주간 주 3회, 회당 60분씩 유산소운동과 저항성운동의 복합 순환운동을 HRmax의 50%와 1RM의 50% 강도로 실시한 결과 대사증후군 위험요인이 유의하게 개선되었다고 보고하였다. 따라서 이 연구에서도 8주간 순환운동을 실시한 결과 운동집

단의 대사증후군 위험요인 수가 유의하게 감소되어 순환 운동이 중년 남성 버스 운전기사의 대사증후군 위험요인을 개선하는데 효과적이었다고 해석할 수 있다. 특히, 대사증후군 위험요인의 수가 대사증후군 진단기준에 가까운 2.86 ± 0.86 개에서 불과 8주간의 순환운동을 통하여 완전 정상범위인 1.50 ± 0.76 개로 급감하였다는 것은 단순히 통계적으로 유의한 변화를 넘어서 임상적으로도 큰 의미를 갖는다고 판단된다. 이 연구의 결과를 살펴보면, 5가지의 진단기준 중 허리둘레와 DBP가 운동집단에서 유의하게 감소되고, HDL-C가 유의하게 증가된 것이 대사증후군 위험요인의 수를 낮추는데 보다 크게 영향을 미친 것으로 판단된다. 향후 보다 장기간에 걸쳐 운동을 실시하거나 상태가 보다 심각한 대사증후군 환자를 대상으로 순환운동을 실시하였다면 보다 더 큰 개선 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

결론

이 연구의 목적은 8주간의 순환운동이 중년 남성 버스 운전기사의 혈중 지질, 인슐린 저항성, 심혈관기능 및 대사증후군 위험요인에 미치는 영향을 규명하는 것이었다. 운동집단 14명과 통제집단 15명을 대상으로 사전 검사와 사후검사를 실시한 후, 측정값을 비교·분석한 결과를 요약하여 제시하면 다음과 같다.

1. 운동집단의 허리둘레, 엉덩이둘레, WHR, BMI, 그리고 체지방률이 유의하게 감소되었다.
2. 운동집단의 LDL-C가 유의하게 감소되었고, HDL-C가 유의하게 증가되었다.
3. 운동집단의 FPI와 HOMA-IR이 유의하게 감소되었다.
4. 심혈관기능과 관련하여, 운동집단과 통제집단 모두에서 DBP와 MAP가 유의하게 감소되었다. hs-CRP는 운동집단에서 감소되는 경향을 보였다.
5. 운동집단의 대사증후군 위험요인 수가 유의하게 감소되었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 8주간 실시한 순환운동이 중년 남성 버스 운전기사의 허리둘레, 혈중지질 및 인슐린 저항성에 긍정적인 영향을 미쳐 대사증후군 위험요인의 수를 감소시켰다고 결론지을 수 있다. 따라서 규칙적

으로 실시하는 운동이 버스 운전기사의 대사증후군 예방과 개선에 공헌할 수 있을 것이라 판단된다. 이와 같은 연구의 결과를 현장에 적용하여 모든 버스회사에서 운전기사를 위한 운동시설 확충 및 지도자의 배치가 정책적으로 필요하며, 향후 버스 운전기사의 건강 증진을 위하여 짧은 배차시간동안 할 수 있는 현실적이고 다양한 운동 프로그램을 개발하고 그 효과를 검증하기 위한 후속 연구가 요청된다.

참고문헌

- Alberti, K. G. M. M., Eckel, R. H., Grundy, S. M., Zimmet, P. Z., Cleeman, J. I., Donato, K. A., Fruchart, J. C., James W. P. T., Loria C. M., & Smith, S. C.(2009). Harmonizing the metabolic syndrome a joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*, 120(16), 1640-1645.
- American College of Sports Medicine.(2010). *ACSM's Resource for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Lippincott Williams & Wilkins: Baltimore, MD.
- Arikawa, A. Y., Thomas, W., Schmitz, K. H., & Kurzer, M. S.(2011). Sixteen weeks of exercise reduces C-reactive protein levels in young women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(6), 1002-1009.
- Balducci, S., Zanuso, S., Nicolucci, A., Fernando, F., Cavallo, S., Cardelli, P., Falluca, S., Alessi, E., Letizia, C., Jimenez, A., Fallucca, F., & Pugliese, G.(2010). Anti-inflammatory effect of exercise training in subjects with type 2 diabetes and the metabolic syndrome is dependent on exercise modalities and independent of weight loss. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 20(8), 608-617.
- Barter, P. J., Nicholls, S., Rye, K. A., Anantharamaiah, G. M., Navab, M., & Fogelman, A. M.(2004). Antiinflammatory properties of HDL. *Circulation Research*, 95(8), 764-772.
- Biswas, A., Oh, P. I., Faulkner, G. E., Bajaj, R. R., Silver, M. A., Mitchell, M. S., & Alter, D. A.(2015). Sedentary time and its association with risk for disease incidence,

- mortality, and hospitalization in adults: a systematic review and meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 162(2), 123-132.
- Bonora, E., Targher, G., Alberiche, M., Bonadonna, R. C., Saggiani, F., Zenere, M. B., Monauni, T., & Muggeo, M.(2000). Homeostasis model assessment closely mirrors the glucose clamp technique in the assessment of insulin sensitivity: studies in subjects with various degrees of glucose tolerance and insulin sensitivity. *Diabetes Care*, 23(1), 57-63.
- Cox, K. L., Burke, V., Morton, A. R., Beilin, L. J., & Puddey, I. B.(2004). Independent and additive effects of energy restriction and exercise on glucose and insulin concentrations in sedentary overweight men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(2), 308-316.
- Department for Transport(2003). *Transport Statistics Great Britain* (28th ed.). London: TSO.
- DeVille-Almond, J., Tahrani, A. A., Grant, J., Gray, M., Thomas, G. N., & Taheri, S.(2011). Awareness of obesity and diabetes: a survey of a subset of british male drivers. *American Journal of Men's Health*, 5(1), 30-37.
- DiPietro, L., Yeckel, C. W., & Dziura, J.(2008). Progressive improvement in glucose tolerance following lower-intensity resistance versus moderate-intensity aerobic training in older women. *Journal of Physical Activity & Health*, 5(6), 854-869.
- Dunstan, D. W., Daly, R. M., Owen, N., Jolley, D., De Courten, M., Shaw, J., & Zimmet, P.(2002). High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 25(10), 1729-1736.
- Ebeling, P., Bourey, R., Koranyi, L., Tuominen, J. A., Groop, L. C., Henriksson, J., Mueckler, M., Sovijarvi, A., & Koivisto, V. A.(1993). Mechanism of enhanced insulin sensitivity in athletes. Increased blood flow, muscle glucose transport protein (GLUT-4) concentration, and glycogen synthase activity. *Journal of Clinical Investigation*, 92(4), 1623-1631.
- Eklom-Bak, E., Eklom, Ö., Bergström, G., & Börjesson, M.(2015). Isotemporal substitution of sedentary time by physical activity of different intensities and bout lengths, and its associations with metabolic risk. *European Journal of Preventive Cardiology*, 23(9), 967-974.
- Figuroa, A., Vicil, F., Sanchez-Gonzalez, M. A., Wong, A., Ormsbee, M. J., Hooshmand, S., & Daggy, B.(2013). Effects of diet and/or low-intensity resistance exercise training on arterial stiffness, adiposity, and lean mass in obese postmenopausal women. *American Journal of Hypertension*, 26(3), 416-423.
- Ford, E. S. & Caspersen, C. J.(2012). Sedentary behaviour and cardiovascular disease: a review of prospective studies. *International Journal of Epidemiology*, 41(5), 1338-1353.
- Guimaraes, G. V., Ciolac, E. G., Carvalho, V. O., D'Avila, V. M., Bortolotto, L. A., & Bocchi, E. A.(2010). Effects of continuous vs. interval exercise training on blood pressure and arterial stiffness in treated hypertension. *Hypertension Research*, 33(6), 627-632.
- Ha, C. H. & So, W. Y.(2012). Effects of combined exercise training on body composition and metabolic syndrome factors. *Iranian Journal of Public Health*, 41(8), 20-26.
- Healy, G. N., Wijndaele, K., Dunstan, D. W., Shaw, J. E., Salmon, J., Zimmet, P. Z., & Owen, N.(2008). Objectively measured sedentary time, physical activity, and metabolic risk the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Diabetes Care*, 31(2), 369-371.
- Ho, S. S., Dhaliwal, S. S., Hills, A. P., & Pal, S.(2012). The effect of 12 weeks of aerobic, resistance or combination exercise training on cardiovascular risk factors in the overweight and obese in a randomized trial. *BMC Public Health*, 12(1), 704-713.
- Imayama, I., Ulrich, C. M., Alfano, C. M., Wang, C., Xiao, L., Wener, M. H., Campbell, K. L., Duggan, C., Foster-Schubert, K. E., Kong, A., Mason, C. E., Wang, C. Y., Blackburn, G. L., Bain, C. E., Thompson, H. J., & Tieman, A. M.(2012). Effects of a caloric restriction weight loss diet and exercise on inflammatory biomarkers in overweight/obese postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Cancer Research*, 72(9), 2314-2326.
- International Diabetes Federation(2006). *International Diabetes Federation (IDF) Worldwide Definition of the Metabolic Syndrome*. Brussels, Belgium.
- Irving, B. A., Davis, C. K., Brock, D. W., Weltman, J. Y., Swift, D., Barrett, E. J., Gaesser, G. A., & Weltman, A.(2008). Effect of exercise training intensity on abdominal visceral fat and body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(11), 1863-1872.
- Iwashima, S., Nakagawa, Y., Ishikawa, T., Satake, S. S. E., Nagata, E., & Ohzeki, T.(2011). Abdominal obesity is associated

- with cardiovascular risk in Japanese children and adolescents. *Journal of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 24(1-2), 51-54.
- Jabekk, P. T., Moe, I. A., Meen, H. D., Tomten, S. E., & Høstmark, A. T.(2010). Resistance training in overweight women on a ketogenic diet conserved lean body mass while reducing body fat. *Nutrition & Metabolism*, 7(17), 1-10.
- John, L. M., Flin, R., & Mearns, K.(2006). Bus driver well-being review: 50 years of research. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology & Behaviour*, 9(2), 89-114.
- Johnson, N. A., Sachinwalla, T., Walton, D. W., Smith, K., Armstrong, A., Thompson, M. W., & George, J.(2009). Aerobic exercise training reduces hepatic and visceral lipids in obese individuals without weight loss. *Hepatology*, 50(4), 1105-1112.
- Jorge, M. L. M. P., de Oliveira, V. N., Resende, N. M., Paraiso, L. F., Calixto, A., Diniz, A. L. D., Resende, E. S., Rppelle, E. R., Carvalheira, J. B., Espindola, F. S., Jorge, P. T., & Geloneze, B.(2011). The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*, 60(9), 1244-1252.
- Jung, S. L.(2009). The effect of circuit training and Aerobic exercise on the metabolic syndrome risk factors, the arteriosclerosis index of the middle-aged obesity women. *The Korean Journal of Sports Science*. 18(1), 1019-1030.
- Keskin, M., Kurtoglu, S., Kendirci, M., Atabek, M. E., & Yazici, C.(2005). Homeostasis model assessment is more reliable than the fasting glucose/insulin ratio and quantitative insulin sensitivity check index for assessing insulin resistance among obese children and adolescents. *Pediatrics*, 115(4), e500-e503.
- Kim, E. S., Im, J. A., Kim, K. C., Park, J. H., Suh, S. H., Kang, E. S., Kim, S. H., Jekal, Y. S., Lee, C. W., Yoon, Y. J., & Lee, H. C.(2007). Improved insulin sensitivity and adiponectin level after exercise training in obese Korean youth. *Obesity*, 15(12), 3023-3030.
- Kim, H. J., Kang, C. K., Park, H., & Lee, M. G.(2014). Effects of vitamin D supplementation and circuit training on indices of obesity and insulin resistance in T2D and vitamin D deficient elderly women. *Journal of Exercise Nutrition and Biochemistry*, 18(3), 249-257.
- Kraus, W. E., Houmard, J. A., Duscha, B. D., Knetzger, K. J., Wharton, M. B., McCartney, J. S., Bales, C. W., Sarah Henes, Samsa, G. P., Otvos, J. D., Kulkarni, K. R., & Slentz, C. A.(2002). Effects of the amount and intensity of exercise on plasma lipoproteins. *New England Journal of Medicine*, 347(19), 1483-1492.
- Laberge-Nadeau, C., Dionne, G., Maag, U., Desjardins, D., Vanasse, C., & Ékoé, J. M.(1996). Medical conditions and the severity of commercial motor vehicle drivers' road accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 28(1), 43-51.
- Lambers, S., Van Laethem, C., Van Acker, K., & Calders, P.(2008). Influence of combined exercise training on indices of obesity, diabetes and cardiovascular risk in type 2 diabetes patients. *Clinical Rehabilitation*, 22(6), 483-492.
- Lee, S., Kuk, J. L., Davidson, L. E., Hudson, R., Kilpatrick, K., Graham, T. E., & Ross, R.(2005). Exercise without weight loss is an effective strategy for obesity reduction in obese individuals with and without Type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology*, 99(3), 1220-1225.
- Lee, Y. H., Song, Y. W., Kim, H. S., Lee, S. Y., Jeong, H. S., Suh, S. H., Park, J. K., Jung, J. W., Kim, N. S., Noh, J. I., & Hong, Y. M.(2010). The effects of an exercise program on anthropometric, metabolic, and cardiovascular parameters in obese children. *Korean Circulation Journal*, 40(4), 179-184.
- Maiorana, A., O'Driscoll, G., Dembo, L., Cheetham, C., Goodman, C., Taylor, R., & Green, D.(2000). Effect of aerobic and resistance exercise training on vascular function in heart failure. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 279(4), H1999-H2005.
- Maiorana, A., O'Driscoll, G., Goodman, C., Taylor, R., & Green, D.(2002). Combined aerobic and resistance exercise improves glycemic control and fitness in type 2 diabetes. *Diabetes Research & Clinical Practice*, 56(2), 115-123.
- Mathieu, P., Lemieux, I., & Després, J. P.(2010). Obesity, inflammation, and cardiovascular risk. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 87(4), 407-416.
- Matthews, D. R., Hosker, J. P., Rudenski, A. S., Naylor, B. A., Treacher, D. F., & Turner, R. C.(1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and β -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*, 28(7), 412-419.
- McLaughlin, T., Abbasi, F., Lamendola, C., Liang, L., Reaven,

- G., Schaaf, P., & Reaven, P.(2002). Differentiation between obesity and insulin resistance in the association with C-reactive protein. *Circulation*, 106(23), 2908-2912.
- Meshkani, R. & Adeli, K.(2009). Hepatic insulin resistance, metabolic syndrome and cardiovascular disease. *Clinical Biochemistry*, 42(13), 1331-1346.
- Ministry of Labor(2003). *Investigation and Improvement Plan of Labor Condition of Transportation Business*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2011). *Investigation of Public Transportation: Operation and Service Hours of Main Route Bus*.
- NCEP-ATPIII(2001). Executive summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (Adult Treatment Panel III). *The Journal of American Medical Association*, 285(19), 2486-2497.
- Nindl, B. C., Alemany, J. A., Tuckow, A. P., Rarick, K. R., Staab, J. S., Kraemer, W. J., Maresh, C., Spiering, B. A., Hatfield, D., Flyvbjerg, A., & Frystyk, J. F.(2010). Circulating bioactive and immunoreactive Igf-I remain stable despite fitness improvements after 8 weeks of resistance, aerobic and combined exercise training. *Journal of Applied Physiology*, 109(1), 112-120.
- Nybo, L., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., Mohr, M., Hornstrup, T., Simonsen, L., Bulow, J., Randers, M. B., Nielsen, J. J., Aagaard, P., & Krstrup, P.(2010). High-intensity training versus traditional exercise interventions for promoting health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(10), 1951-1958.
- O'Keefe, J. H. & Bell, D. S.(2007). Postprandial hyperglycemia/hyperlipidemia (postprandial dysmetabolism) is a cardiovascular risk factor. *The American Journal of Cardiology*, 100(5), 899-904.
- O'Donovan, G., Owen, A., Bird, S. R., Kearney, E. M., Nevill, A. M., Jones, D. W., & Woolf-May, K.(2005). Changes in cardiorespiratory fitness and coronary heart disease risk factors following 24 wk of moderate-or high-intensity exercise of equal energy cost. *Journal of Applied Physiology*, 98(5), 1619-1625.
- Prabhakaran, B., Dowling, E. A., Branch, J. D., Swain, D. P., & Leutholtz, B. C.(1999). Effect of 14 weeks of resistance training on lipid profile and body fat percentage in premenopausal women. *British Journal of Sports Medicine*, 33(3), 190-195.
- Rasmussen, C., Kreider, R., Kerksick, C., Campbell, B., Slonaker, B., Greenwood, M., Baer, J., Pfau, E., Grimstvedt, M., & Wilborn, C.(2004). Effects of the Curves® fitness and weight loss program on markers of health. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), S81.
- Ridker, P. M., Hennekens, C. H., Buring, J. E., & Rifai, N.(2000). C-reactive protein and other markers of inflammation in the prediction of cardiovascular disease in women. *New England Journal of Medicine*, 342(12), 836-843.
- Robinson, C. F. & Burnett, C. A.(2005). Truck drivers and heart disease in the United States, 1979-1990. *American Journal of Industrial Medicine*, 47(2), 113-119.
- Shin, S. Y., Lee, C. G., Song, H. S., Kim, S. H., Lee, H. S., Jung, M. S., & Yoo, S. K.(2013). Cardiovascular disease risk of bus drivers in a city of Korea. *Annals of Occupational & Environmental Medicine*, 25(1), 34-42.
- Statistics Korea(2014). *Transport Rate in Traffic Area*.
- Stensvold, D., Tjønnå, A. E., Skaug, E. A., Aspenes, S., Stølen, T., Wisløff, U., & Slørdahl, S. A.(2010). Strength training versus aerobic interval training to modify risk factors of metabolic syndrome. *Journal of Applied Physiology*, 108(4), 804-810.
- Tjønnå, A. E., Lee, S. J., Rognmo, Ø., Stølen, T. O., Bye, A., Haram, P. M., Loennechen, J. P., Al-Share, Q. Y., Skogvoll, E., Slørdahl, S. A., Kemi, O. J., Kemi, O. J., & Wisløff, U.(2008). Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*, 118(4), 346-354.
- Tokmakidis, S. P., Zois, C. E., Volaklis, K. A., Kotsa, K., & Touvra, A. M.(2004). The effects of a combined strength and aerobic exercise program on glucose control and insulin action in women with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5), 437-442.
- van Dommelen, P., Coffeng, J. K., van der Ploeg, H. P., van der Beek, A. J., Boot, C. R., & Hendriksen, I. J.(2016). Objectively measured total and occupational sedentary time in three work settings. *PLoS One*, 11(3), e0149951.
- Visser, M., Bouter, L. M., McQuillan, G. M., Wener, M. H., & Harris, T. B.(1999). Elevated C-reactive protein levels in overweight and obese adults. *The Journal of American Medical Association*, 282(22), 2131-2135.

Watts, K., Jones, T. W., Davis, E. A., & Green, D.(2005). Exercise training in obese children and adolescents. *Sports Medicine*, 35(5), 375-392.

Yokoyama, H., Emoto, M., Araki, T., Fujiwara, S., Motoyama, K., Morioka, T., Koyama, H., Snoji, T., Okuno, Y., & Nishizawa, Y.(2004). Effect of aerobic exercise on plasma

adiponectin levels and insulin resistance in type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 27(7), 1756-1758.

Yoon, H. S. & Kim, G. R.(2002). A study on the health and nutritional status of bus drivers in the Masan area. *Korean Journal of Community Nutrition*, 7(3), 316-326.

8주간의 순환운동이 버스 운전기사의 혈중 지질, 인슐린 저항성, 심혈관기능 및 대사증후군 위험요인에 미치는 영향

임은철 · 조현석 · 이만균(경희대학교)

[목적] 이 연구에서는 8주간의 순환운동이 버스 운전기사의 혈중 지질, 인슐린 저항성, 심혈관기능, 그리고 대사증후군 위험요인에 미치는 영향을 규명하고자 하였다. **[방법]** 40~50대의 남성 버스 운전기사 29명이 이 연구의 대상자로서 참여하였으며, 운동집단 14명과 통제집단 15명으로 구성되었다. 운동집단의 대상자는 8주간의 처치기간 동안 주 3회, 1회당 30~40분간 순환운동을 실시한 반면, 통제집단의 대상자는 동일한 기간 동안 평소의 생활습관을 연구 참여 전과 동일하게 유지하도록 하였다. **[결과]** 이 연구에서 얻은 주요 연구 결과는 다음과 같다. 1) 신체구성의 경우 운동집단의 허리둘레, 엉덩이둘레, 허리·엉덩이둘레비, 체질량지수, 그리고 체지방률이 유의하게 감소되었다. 2) 혈중 지질의 경우 운동집단의 LDL-C가 유의하게 감소되고 HDL-C가 유의하게 증가되었다. 3) 인슐린 저항성관련 변인의 경우 운동집단의 공복혈당과 HOMA-IR이 유의하게 감소되었다. 4) 심혈관기능과 관련하여 이완기혈압과 평균동맥압이 운동집단과 통제집단 모두에서 유의하게 감소되었다. hs-CRP는 운동집단에서 감소되는 경향을 보였다. 5) 대사증후군 위험요인의 수가 운동집단에서 유의하게 감소되었다. **[결론]** 이상의 결과를 종합해 보면, 8주간 실시한 순환운동이 중년 남성 버스 운전기사의 허리둘레, 혈중지질, 그리고 인슐린 저항성에 긍정적인 영향을 미쳐 대사증후군 위험요인의 수를 감소시켰다고 결론지을 수 있다. 특히, 대사증후군 위험요인의 수가 대사증후군 진단기준에 가까운 2.86 ± 0.86 개에서 불과 8주간의 순환운동을 통하여 완전 정상범위인 1.50 ± 0.76 개로 급감하였다는 것은 단순히 통계적으로 유의한 변화를 넘어서 임상적으로도 큰 의미를 갖는다고 판단된다. 따라서 규칙적으로 실시하는 운동이 버스 운전기사의 대사증후군 예방과 치료에 공헌할 수 있을 것이라 판단된다. 이와 같은 연구의 결과를 토대로, 장시간 운행과 강제적인 좌식생활로 인하여 건강에 위협을 받는 버스 운전기사의 건강 증진과 복지를 위하여 다양하고 현실적인 운동 프로그램을 개발하고 그 효과를 검증하는 후속 연구가 요청된다.

주요어: 순환운동, 버스 운전기사, 혈중 지질, 인슐린 저항성, 심혈관기능, 대사증후군